

시공이음부 계면처리방법에 따른 초고성능 콘크리트의 전단부착성능 평가에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Bonding Shear Performance Evaluation of the UHPC According to an Bonding Interface Treatment of the Construction Joint

장 현 오¹

김 보 석¹

이 한 승^{2*}

Jang, Hyun-O¹

Kim, Bo-Seok²

Lee, Han-Seung^{2*}

Department of Architectural Engineering, Hanyang University, Sangnok-Gu, Ansan, 15588, Korea ¹

School of Architecture, Hanyang University, Sangnok-Gu, Ansan, 15588, Korea ²

Abstract

Structural performance and durability of ultra high performance concrete could demonstrate optimal performance when unity was kept. Accordingly, it is necessary to involve the characteristics and quantitative surface treatment at the same time in order to retain oneness of Ultra-High-Performance Concrete(UHPC) according to construction joint occurrence. Therefore, this study derives a reasonable surface treatment method in a material's point of view through the shear adhesion performance evaluation according to the construction joints surface processing method as a part for securing the adhesion performance of the construction joints when casting UHPC. 180 MPa of required average strength was used for mix of UHPC and surface treatment method was set to totally 7 level that MN, GR-10-0, GR-20-0, GR-30-0, SH-30-5, SH-30-10. After the specimen were manufactured to a size of 150×150×150mm, Direct shear test was performed to evaluate the shear adhesion strength. As a result, it was confirmed that the adhesion performance was improved when executing a surface treatment for the construction joint interface and standard of failure mode of specimen was over Type C. Also, It was considered that interface of cross section and depth of concavo-convex should be concerned.

Keywords : ultra-high-performance concrete, uhpc, construction joint, bonding shear strength, direct shear test

1. 서 론

콘크리트는 오랫동안 현대사회의 인프라를 구축한 주요 건설재료이다. 최근 경제, 사회 및 문화 전반에 걸친 급속한 발전은 교량, 도로, 철도, 항만, 공항 등 사회기반시설물에

대한 수요를 대량으로 창출하고 있다. 또한 건설구조물의 대형화·초고층화·장스팬화 등으로 인하여 시공성, 강도, 내구성 등의 성능이 향상된 고성능 콘크리트의 적용이 요구되고 있는 실정이다[1,2]. 이에, 콘크리트는 최적의 결합재 및 골재 구성으로 인하여 100MPa 이상의 초고강도 콘크리트의 적용을 실현할 수 있게 되었다. 또한 콘크리트의 취성적인 단점을 보완하기 위해 강섬유를 혼입하여 강도와 연성능력을 모두 갖춘 고인성 개념의 초고성능 콘크리트(Ultra-High-Performance Concrete)의 개발로 이어졌다[3,4,5,6,7,8]. 하지만 초고성능 콘크리트의 특성상 낮은 물-결합재비(W/B)로 인하여 응결이 빠르게 진행됨과 동시

Received : March 9, 2016

Revision received : May 16, 2016

Accepted : May 17, 2016

* Corresponding author : Lee, Han-Seung

[Tel: 82-31-400-5181, E-mail: ercleehs@hanyang.ac.kr]

©2016 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

에 블리딩량이 상대적으로 작아 콘크리트 부착성능에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[9,10]. 이러한 초고성능 콘크리트를 바탕으로 건설 현장 적용 시, 여러가지 문제점이 발생하고 있다. 특히, 건설 현장에서는 1일 타설량 및 타설 계획, 동원인력, 시공장비의 능력 등을 고려하여 미리 계획된 시공이음부(Construction joint)가 발생하게 된다. 하지만 일체성이 확보되지 않은 콘크리트 시공이음부는 균열 및 누수 더 나아가 철근부식 등을 유발하여 콘크리트의 내구성을 저하시키는 원인이 된다. 또한 콘크리트 시공이음부는 전단력에 취약하므로 시공 시, 전단력이 작은 위치에서 시공하는 것을 원칙으로 하고 있으며, 부득이하게 전단력이 큰 위치에서 시공이음부를 시공할 경우 전단력에 저항할 수 있도록 홈 또는 철근보강 등의 방법들이 사용되고 있다.

이처럼 초고성능 콘크리트의 구조성능 및 내구성능은 일체성이 확보되어야만 최적의 성능을 발휘할 수 있다. 이에 시공이음부 발생에 따른 초고성능 콘크리트의 일체성을 확보하기 위해서는 그 특성을 수반함과 동시에 전단부착성능에 대한 정량적인 계면처리방법이 필요할 것으로 판단된다.

따라서, 초고성능 콘크리트 타설 시, 발생하는 시공이음부의 일체성을 확보하기 위한 일환으로써 재료적인 측면에서의 합리적인 계면처리방법을 도출하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험 개요

본 연구는 초고성능 콘크리트의 타설 시, 발생하는 시공이음부의 일체성을 확보하기 위한 일환으로써 시공이음부 계면처리 방법에 따른 전단부착성능 평가를 실시하였다. 이에 따른 실험인자 및 수준은 Table 1에 나타내었으며, 실험체명에 대한 개요는 Figure 1과 같다.

Table 1. Experimental factors and cases

Experimental factor	case	Number of levels
Strength of concrete (Proportioning strength)	UHPC (180MPa)	1
Surface treatment method	MN AC GR-10-0 GR-20-0 GR-30-0 SH-30-5 SH-30-10	7

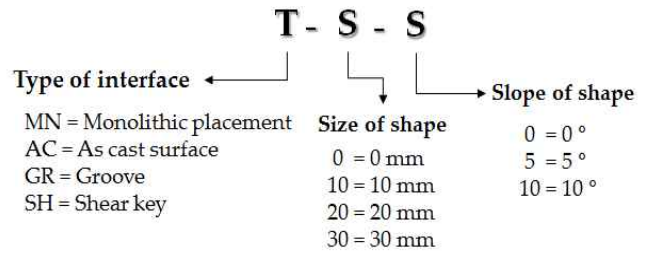


Figure 1. Overview of specimen notation

실험체명은 콘크리트의 계면처리방법, Size, 각도로 구분하였으며, 이에 따른 규칙을 설정하였다. 예를 들어 Table 1에서 “SH-30-5”의 경우, 첫 번째 SH는 계면처리 방법, 두 번째 30은 요철의 Size, 마지막 숫자는 요철의 각도를 의미한다.

2.2 실험 계획

2.2.1 사용 재료

시멘트는 비중 3.15의 국내 H사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 이에 따른 결합재의 화학적 조성은 Table 3과 같다. 또한 본 연구에서 사용한 잔골재는 0.5mm 이하의 호주산 규사를 사용하였으며, 굵은 골재는 쇄석 또는

Table 2. Concrete mix proportions

Unit weight (kg/m ³)											
W/B	W	C	Filler	Expansive admixture	Shrinkage reducing agent	Zirconia silica fume	Steel fibers (16.3mm)	Steel fibers (19.5mm)	S	AD (kg)	Antifoaming agent (kg)
0.14	178	783	235	59	8	196	39	78	862	26.107	0.783

Table 3. Chemical composition of binder

(Unit : %)

Division	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	SO ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	f-CaO	etc.	Ig.loss
OPC	19.47	5.24	3.72	-	2.49	61.8	2.69	0.18	0.87	-	0.94	2.6
Filler	99.47	0.4	0.009	0.04	-	0.01	0.5	0.008	0.006	-	-	-
Expansive admixture	1.00	16.1	-	-	27.5	52.8	0.8	-	-	49.8	-	-
Zirconia silica fume	96.00	0.25	0.1	-	-	0.38	0.12	-	-	-	-	-
Shrinkage reducing agent	29.42	0.17	0.06	-	-	1.39	0.10	-	0.03	-	-	-

일반적인 굵은 골재를 대체하여 강섬유를 16.3mm 및 19.5mm를 혼합하여 사용하였다.

2.2.2 초고성능 콘크리트배합

초고성능 콘크리트의 전단부착성능 평가를 위하여 Table 2와 같이 콘크리트 배합을 계획하였다. 물-결합재비 0.14이며, 단위수량 178kg/m³의 콘크리트 배합이다. 또한 충전재(Filler)로는 평균 입경 4.2 μ m의 석영질 미분말을 사용하였다.

2.2.3 접합부 계면처리방법

초고성능 콘크리트 타설 시, 발생하는 시공이음부의 계면 처리 방법으로는 총 7수준으로 설정하였으며, Table 4와 같다. AC(무처리)를 기본 바탕으로 실험변수에 따라 접합 계면에 10~30mm의 Size로 요철로 계면처리를 실시하였으며, SH-30-5 및 SH-30-10의 경우 요철길이 30mm, 5° 및 10°의 전단키를 두어 접합 계면처리를 실시하였다.

2.2.4 실험체 제작방법

초고성능 콘크리트의 전단부착강도를 측정하기 위한 실험체 제작방법은 Steel 몰드(150×300×150mm)를 이용하여 접합부에 계면 처리된 1차 바탕 콘크리트(100×150×150mm)를 타설하였다. 24시간 후, 실험체 탈형을 실시하였으며, Figure 2와 같이 6일간 스팀고온양생을 실시하였다. 그 이후, 2차 콘크리트(50×150×150mm)를 타설한 후, 항온항습기를 이용하여 재령 28일간 온도 20±2℃, 상대습도 60±2%의 조건하에서 기건양생을 실시하였다.

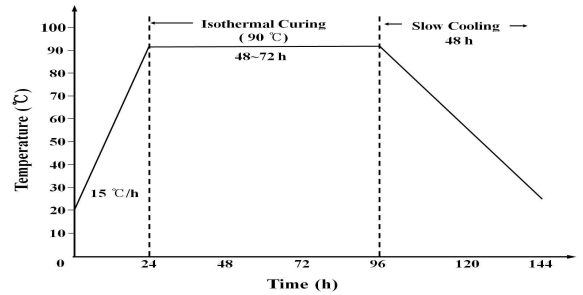


Figure 2. Heating cycle of high-temperature steam curing

Table 4. Surface treatment method

Specimen Name	AC	GR-10-0	GR-20-0	GR-30-0	SH-30-5	SH-30-10
Shape						
Cross section	45,000mm ²	66,000mm ²	69,000mm ²	63,000mm ²	48,582mm ²	48,444mm ²



Figure 3. Manufacturing of specimens for direct shear test

2.3 측정 항목

2.3.1 슬럼프 플로 및 압축강도

초고성능 콘크리트의 굳지 않은 콘크리트 및 역학적 특성을 파악하기 위하여 슬럼프 플로 및 압축강도 시험을 실시하였다. 슬럼프 플로는 KS F 2594에 따라 실시하였으며, KS F 2403에 따라 압축강도 측정을 위한 Ø50×100mm의 원형 공시체를 제작하였다. 또한 KS F 2405에 따라 재령 7일 및 28일에 콘크리트 압축강도를 측정하였다. 사용 장비로는 UTM(Universal testing machine, 200ton급)을 사용하였으며, 수준 별 공시체 3개의 평균값으로 산출하였다.

2.3.2 전단부착강도

콘크리트의 전단부착성능 평가는 기존연구에서 다양한 방법으로 제시되고 있다[11,12]. 일반적으로 전단부착성능은 전단부착강도를 통하여 평가할 수 있으며, 그 종류는 경사전단시험과 직접전단시험이 있다. 하지만 BS6319: Part 4로 채택된 경사 전단 시험의 경우 기존문헌에서 접합계면에서의 응력은 압축력과 전단응력의 조합으로 형성되므로 파괴양상은 접합계면의 경사도에 따라 달라지기 때문에 시험결과에 대한 신뢰성이 감소되는 단점을 가지고 있다고 보고되고 있는 실정이다[13,14].

이에, 본 연구에서는 Figure 4 와 같이 Direct shear test를 통하여 초고성능 콘크리트의 전단부착성능 평가를 실시하였다. Direct shear test의 실험방법은 시공이음부의 전단부착성능을 파악하기 위하여 50×150×25mm의 steel plate를 시편 상부중앙에 1개, 시편 하부 양측에 각각 1개씩(총2개)을 위치시켜 전단부착강도를 측정하였다. 또한, 재하장치로는 200ton급 UTM(Universal Testing Machine)을 사용하였으며, 변위제어를 통해 0.01mm/sec

의 재하속도로 시편을 가력하였다.

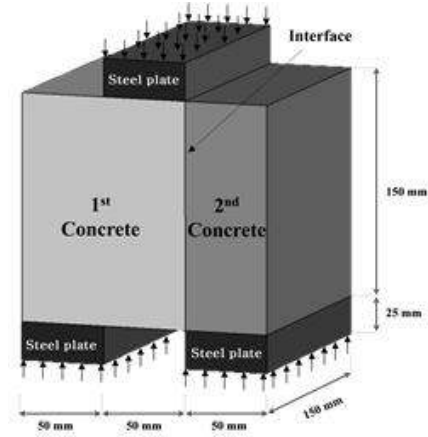


Figure 4. Overview of direct shear test

전단부착강도의 산출은 최대하중을 Geometrical surface로 나누어 산정하였으며, 다음 식 1과 같다[11,15].

$$f_b = \frac{F}{2A} \text{-----} (1)$$

여기서, f_b 는 전단부착강도(MPa), F 는 최대하중(N), A 는 전단부착면적(mm^2)이다.

2.3.3 파괴양상

콘크리트는 파괴형태 및 양상에 따라 거동특성을 파악할 수 있다. 이에, 본 연구에서는 Direct shear test 이후, 기존문헌에 따라 파괴양상을 Table 5와 같이 구분하였으며, 이를 통하여 시험체의 파괴양상을 비교·분석하였다[16].

Table 5. Failure mode of specimens after direct shear test

Type	Failure position	Failure mode
Type A	Interfacial failure (a complete de-bonding at the transition zone)	Interface failure
Type B	Interfacial failure and substrate cracking or minor substrate damage	interface failure and substrate cracks
Type C	Interfacial failure and substrate fracture	interfacial failure and substrate fracture
Type D	Complete substratum failure with good interface	Complete substratum failure

3. 실험결과 및 분석

3.1 초고성능 콘크리트의 슬럼프 플로 및 압축강도

초고성능 콘크리트의 굳지 않은 콘크리트 및 역학적 특성을 파악하기 위하여 슬럼프 플로 및 압축강도 시험을 실시하였으며, 그 결과는 Table 6과 같다. 콘크리트 압축강도는 재령 7일 및 28일에 측정하였으며, 양생방법은 스팀고온양생 및 기건양생으로 구분하여 실시하였다.

Table 6. Results of compressive strength tests

Flowability (mm)	Curing		Strength
	Condition	Period (day)	Compressive (MPa)
Slump flow 680	Heat treatment ¹⁾	7	174.3
		7	106.3
	Air ²⁾	28	127.4

1) High-temperature steam curing

2) Air dry curing

초고성능 콘크리트의 Flowability 측정결과, 슬럼프 플로는 680mm로 측정되었으며, 본 연구에서 설정한 목표 슬럼프 플로인 700 ± 50 mm를 만족하는 결과로 나타났다. 또한 콘크리트 양생방법 및 재령 별 콘크리트 압축강도 시험을 실시한 결과, 가열 사이클을 이용하여 스팀고온양생을 실시한 재령 7일의 압축강도는 약 174MPa로 측정되었으며, 기건양생을 실시한 재령 7일 및 28일의 압축강도는 106MPa 및 127MPa로 나타났다. 이에 따라, 초고성능 콘크리트의 성능을 만족하는 것으로 나타났다.

3.2 전단부착강도

초고성능 콘크리트의 전단부착강도를 측정하기 위하여

Direct shear test 실시하였으며, 이에 따른 실험결과를 Table 7에 나타내었다. 또한 Figure 5는 시공이음부 계면 처리방법에 따른 전단부착강도와 전단부착강도 감소율을 비교한 그래프이다.

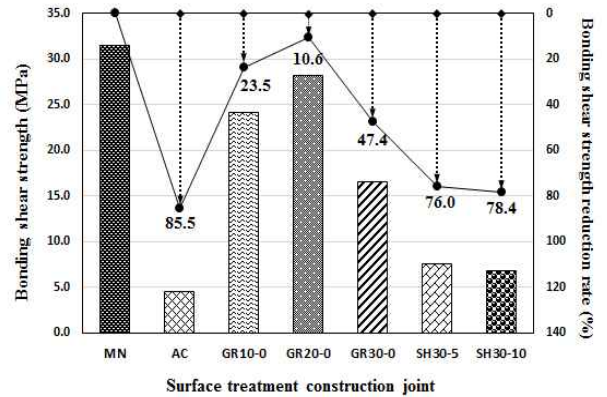


Figure 5. Relationship between bonding shear force and relative displacement

전단부착강도의 크기는 $GR-20-0 > GR-10-0 > GR-30-0 > SH-30-5 > SH-30-10 > AC$ 의 순서로 나타났으며, 콘크리트 접합부에 대해 계면처리를 실시한 경우 콘크리트의 부착성능이 향상 되는 것을 확인하였다. 이는 콘크리트의 접합면을 요철로 계면 처리함으로써, 기계적인 저항력이 발휘되어 모든 콘크리트 실험체에 대해 전단부착강도가 증진된 것이라고 판단된다.

일체로 타설된 MN의 전단부착강도는 31.5MPa로 측정되었다. 하지만 접합부에 계면처리를 실시하지 않은 AC는 MN 대비 약 86%의 전단부착강도 감소율로 나타나, 초고성능 콘크리트의 급격한 부착성능 저하의 양상을 확인하였다. 이는 초고성능 콘크리트 배합의 특성상 상대적으로 낮은

Table 7. Results of bonding shear strength tests

No.	Specimen name	Maximum load (kN)			Average maximum load (kN)	Shear bond strength (MPa)
		1	2	3		
1	MN	1416.7	1398.7	1439.0	1418.1	31.5
2	AC	202.6	198.6	215.3	205.5	4.6
4	GR-10-0	1084.1	1034.1	1134.6	1084.3	24.1
5	GR-20-0	1264.2	1230.9	1306.9	1267.3	28.2
6	GR-30-0	744.2	736.9	756.3	745.8	16.6
7	SH-30-5	344.5	335.1	339.8	339.8	7.6
8	SH-30-10	301.5	311.1	304.8	305.8	6.8

물-결합재비의 영향 및 밀실한 내부공극으로 인하여 콘크리트의 급격한 부착성능 저하가 이루어진 것으로 사료된다. 반면, GR-20-0의 경우 MN 대비 전단부착강도 감소율은 약 11% 정도로 나타나 가장 우수한 전단부착성능을 나타내었다. 또한 GR-10-0 및 GR-30-0의 경우 MN 대비 전단부착강도 감소율은 약 24% 및 47%로 각각 나타나, 콘크리트의 부착강도의 증진효과를 확인하였다. 이는 콘크리트 접합계면의 단면적 증가로 인하여 초고성능 콘크리트의 부착성능이 증진된 것으로 사료된다. 하지만 GR-30-5 및 GR-30-10으로 접합부에 대해 계면처리를 실시한 경우 전단부착강도는 약 7~8MPa로 측정되었으며, MN 대비 전단부착강도 감소율은 약 76~78%로 나타났다. 이는 AC보다 전단부착성능은 약 1.5배 증가하는 것으로 나타났지만, 초고성능 콘크리트의 전단부착성능을 증진시키기 위한 기계적인 효과는 부족한 것으로 판단된다.

3.3 하중-변위 관계

콘크리트의 하중-변위 곡선은 강도특성을 나타내는 중요한 재료적 특성 중 하나이다. 이에, 본 연구에서 설정한 실험변수에 따라 하중-상대변위 관계를 그래프 Figure 6에 나타내었다.

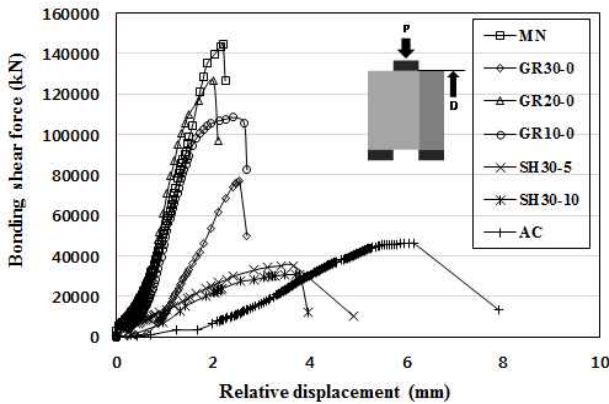


Figure 6. Relationship between bonding shear force and relative displacement

초고성능 콘크리트의 하중에 따른 상대변위의 거동은 MN의 경우 초기부터 급격한 기울기의 선형적인 거동을 나타내었으며, 최대 하중이후 급격한 하중저하를 나타내어 취성적인 콘크리트의 거동특성으로 나타났다. 또한 전단부착강도가 가장 우수하였던 GR-20-0 및 GR-10-0,

GR-30-0의 경우 MN과 유사한 거동특성으로 나타났다. 이는 MN과 유사한 거동특성으로 미루어 볼 때, 초고성능 콘크리트의 일체성을 확보한 것으로 사료된다. 반면, 콘크리트 접합부에 계면처리를 실시하지 않은 AC의 경우 하중 증가에 따라 상대변위는 초기부터 완만한 기울기의 양상으로 나타났으며, 최대 하중 이후는 MN과는 달리 연성파괴의 거동특성을 보였다. 또한 접합부에 계면처리를 실시한 GR-30-5 및 GR-30-10의 경우 AC와 유사한 거동특성을 보였으나, 하중증가에 따른 상대변위는 AC보다 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 초고성능 콘크리트의 부착성능이 확보 되지 않은 것을 의미하며, 본 연구의 콘크리트 배합 중 강섬유의 맞물림 작용 등의 영향으로 인하여 접합부 계면에서 최대하중 발현 시, 상대변위를 증진시킨 것으로 사료된다.

이에 따라, 하중증가에 따른 상대변위의 거동특성을 비교·분석한 결과, 초고성능 콘크리트의 취성적인 거동특성을 나타낸 GR-20-0 및 GR-10-0, GR-30-0의 경우 전단부착성능을 확보한 것으로 판단된다.

3.4 시공이음부 단면적과 전단부착강도의 관계

시공이음부 접합면의 단면적이 전단부착강도에 미치는 영향을 파악하기 위하여 Figure 7과 같이 시공이음부 단면적 증가에 따른 전단부착강도비를 비교·분석하였다. 또한 본 연구에서 설정한 계면처리방법에 따른 요철의 갯수 및 접합부 단면적 등에 관한 실험변수의 개요를 Table 8에 나타내었다.

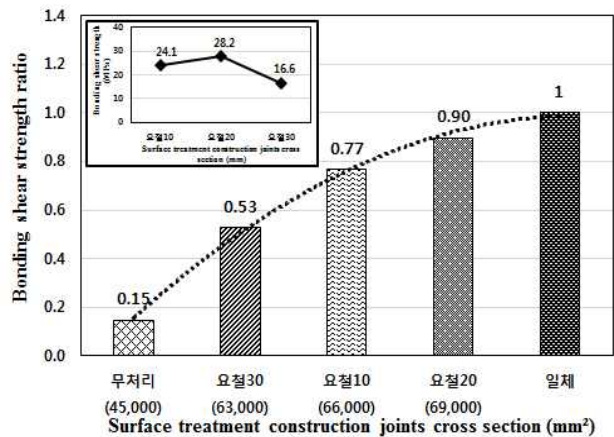


Figure 7. Comparison bonding shear ratio in accordance with surface treatment

Table 8. Details in accordance with experimental factors

Specimen name	Number of groove	Interfacial area	Bonding shear stress ratio
AC	-	45,000	1.00
GR-10-0	8	66,000	5.24
GR-20-0	4	69,000	6.13
GR-30-0	2	3.61	
SH-30-5	1	48,582	1.65
SH-30-10	1	48,444	1.48

시공이음부 단면적 증가에 따른 전단부착강도비를 비교한 결과, 시공이음부 단면적이 증가함에 따라 전단부착강도가 증진되는 경향으로 나타났다. 또한 Figure 7과 같이 요철 길이에 따른 전단부착강도의 관계는 본 실험결과, 비례하지 않는 것으로 나타났다. 이에, 전단부착성능이 가장 우수하였던 접합부 단면적 69,000mm² 인 GR-20-0의 경우, 계면 처리를 실시하지 않은 AC대비 약 6.13 배의 전단부착강도가 증진되는 것을 확인하였다. 또한 접합부 단면적 66,000mm² 인 GR-10-0의 경우, AC대비 약 5.24배의 전단부착강도가 증진되는 경향을 나타내었으며, GR-30-0의 경우, 접합부 단면적 63,000mm² 로써 AC대비 약 3.61배의 증진효과가 있는 것으로 나타났다. 마지막으로 SH-30-5 및 SH-30-10의 경우, AC 대비 약 1.5~1.7배의 전단부착강도 증진효과는 있었지만 초고성능 콘크리트의 일체성 확보

측면에서는 미흡한 것으로 나타났다. 이에 따라, 초고성능 콘크리트의 전단부착강도를 증진시키기 위해서는 접합면 단면적의 비율 및 요철의 깊이, 개수 등이 적절히 고려되어야 할 것으로 판단된다.

3.5 파괴양상

Table 9는 Direct shear test 이후, 실험체 파괴양상을 나타내었으며, 실험체 파괴형태에 따라 Type A~Type D로 구분하였다. 또한 Figure 8은 시공이음부 단면적 및 전단부착강도 증가에 따른 파괴양상을 구분한 그래프이다.

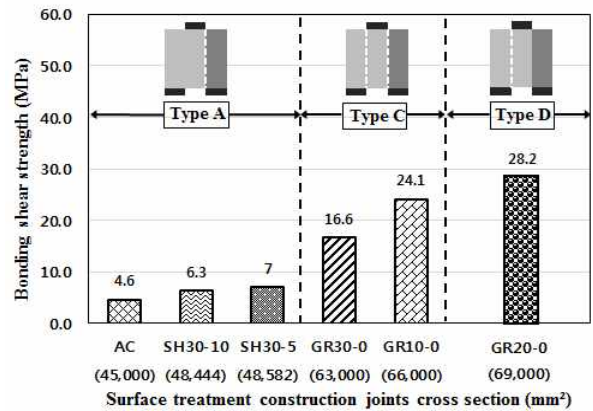


Figure 8. Bonding shear strength in accordance with surface treatment construction joints cross section

실험체 MN 경우 접합체의 파괴형태로서, 비계면 파괴의 양상인 Type D 로 나타났다. 또한 GR-20-0의 경우 접합

Table 9. Mode of crack for concrete

Specimen Name	MN	AC	GR-10-0	GR-20-0	GR-30-0	SH-30-5	SH-30-10
Front							
section							
Type	-	Type A	Type C	Type D	Type C	Type A	Type A

부 단면적 $69,000\text{mm}^2$ 로써 파괴양상은 Type D로 나타났다. 이는 콘크리트 계면에서의 부착성능 증진으로 인하여 접합부 계면에서의 파괴가 아닌 접합체에서의 파괴가 이루어진 것으로 판단된다. 반면, GR-10-0 및 GR-30-0의 경우 접합부 단면적의 범위는 $63,000\sim 6600\text{mm}^2$ 로써 계면 및 접합체의 파괴를 동반한 복합파괴 양상인 Type C로 나타났으며, 접합부 단면적 약 $45,000\sim 49,000\text{mm}^2$ 의 범위인 AC, SH-30-10, SH-30-5의 경우 접합계면에서 완전한 파괴가 일어난 Type A의 파괴양상으로 나타났다. 이처럼 단면적 및 전단부착강도 증가에 따른 파괴양상을 분석한 결과, 접합부 단면적이 증가할수록 일체성 확보에 유리할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 시공이음부 계면처리방법에 따른 초고성능 콘크리트의 전단부착성능 평가를 실시한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 전단부착강도의 크기는 $\text{GR-20-0} > \text{GR-30-0} > \text{GR-10-0} > \text{SH-30-5} > \text{SH-30-5} > \text{AC}$ 의 순서로 나타났으며, 이는 콘크리트의 접합면에 대하여 요철로 계면처리를 실시함으로써 기계적인 저항력이 발휘되어 모든 콘크리트 실험체에 대해 부착성능이 증진된 것이라고 판단된다.
- 2) 시공이음부의 일체성 확보를 위한 최적의 계면처리방법은 전단부착강도 감소율 11%로 나타난 GR-20-0이다. 이는 콘크리트 접합계면의 단면적 증가로 인해 초고성능 콘크리트의 부착성능이 증진된 것으로 판단된다.
- 3) 초고성능 콘크리트의 하중-변위의 거동특성을 분석한 결과, MN과 유사한 거동을 보인 GR-20-0 및 GR-10-0, GR-30-0의 경우 초고성능 콘크리트의 부착성능을 확보한 것으로 사료된다.
- 4) 접합부 단면적이 전단부착강도에 미치는 영향은 접합부 단면적이 증가할수록 초고성능 콘크리트 일체성 확보에 유리할 것으로 판단된다.
- 5) 초고성능 콘크리트의 전단부착강도를 증진시키기 위해서는 접합면 단면적의 비율 및 요철의 깊이, 개수 등이 적절히 고려되어야 할 것으로 판단된다.

요 약

시공이음부 발생에 따른 초고성능 콘크리트의 일체성을 확보하기 위해서는 그 특성을 수반함과 동시에 전단부착성능에 대한 정량적인 계면처리방법이 필요할 것으로 판단된다. 이에, 본 연구는 초고성능 콘크리트 타설 시, 발생하는 시공이음부의 부착성능을 확보하기 위한 일환으로서 시공이음부 계면처리방법에 따른 전단부착성능 평가를 통하여 재료적인 측면에서의 합리적인 계면처리방법을 도출하고자 한다. 초고성능 콘크리트 배합은 180MPa의 배합강도를 사용하였으며, 계면처리방법으로는 MN, AC, GR-10-0, GR-20-0, GR-30-0, SH-30-5, SH-30-10으로써 총 7수준으로 설정하였다. 실험체는 $150 \times 150 \times 150\text{mm}$ 의 Size로 제작 후, 전단부착강도 평가를 위하여 Direct shear test를 실시하였다. 실험결과, 시공이음부 접합면에 대해 계면처리를 실시한 경우 부착성능이 향상되는 것을 확인하였으며, 접합부 단면적이 증가할수록 초고성능 콘크리트의 일체성 확보에 유리할 것으로 판단된다. 또한 콘크리트의 일체성을 확보하기 위해서는 접합면 단면적의 비율 및 요철의 깊이, 개수 등이 적절히 고려되어야 할 것으로 판단된다.

키워드 : 시공이음부, 초고성능 콘크리트, 전단부착강도, 직접전단실험

Acknowledgement

This research was supported by a grant(13SCIPA02) from Smart Civil Infrastructure Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT) of Korea government and Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA).

References

1. Zhao S, Sun W. Nano-mechanical behavior of a green ultra-high-performance concrete. *Construction and Building Materials*. 2014 May;63(30):150-60.
2. Shi C, Wu Z, Xiao J, Wang D, Huang Z, Fang Z. A review

-
- on ultra high performance concrete: Part I. Raw materials and mixture design, *Construction and Building Materials*, 2015 Nov;101(1):741–51.
3. Wang XY. Properties prediction of ultra high performance concrete using blended cement hydration model, *Construction and Building Materials*, 2014 Apr;64(14):1–10.
 4. Graybeal B, Tanesi J. Durability of an Ultrahigh-Performance Concrete, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2007 Oct;19(10):848–54.
 5. De Larrard F. Concrete mixture proportioning, a scientific approach. New York: CRC Press: 1999. 421 p.
 6. Iravani S. Mechanical Properties of High-Performance Concrete, *ACI Materials Journal*, 1996 Sep;93(5):416–26.
 7. Magureanu C, Sosa I, Negrutiu C, Heghes B. Mechanical Properties and Durability of Ultra-High-Performance Concrete, *ACI Materials Journal*, 2012 Mar;109(2):177–84.
 8. Bragov AM, Petrov YV, Karihaloo BL, Konstantinov AY, Lamzin DA, Lomunov AK, Smirnov IV. Dynamic strengths and toughness of an ultra high performance fibre reinforced concrete, *Engineering Fracture Mechanics*, 2013 Mar;110:477–88.
 9. Beushausen HD. Long-Term Performance of Bonded Overlays Subjected to Differential Shrinkage [doctor's thesis]. [Cape town (South Africa)]: University of Cape Town; 2005. 266 p.
 10. Ay L. Curing tests on ultra high strength plain and steel fibrous cement based composites. *Proceedings of International Symposium on Ultra High Performance Concrete*; 2004 Sep 13–15; Kassel, Germany. Kassel (Germany): University of Kassel; 2006. p. 695–701.
 11. Momayez A, Ehsani MR, Ramezaniapour AA, Rajaie H. Comparison of methods for evaluating bond strength between concrete substrate and repair materials, *Cement and Concrete Research*, 2005 Apr;35(4):748–57.
 12. AbuTair AI, Rigden SR, Burley E. Testing the bond between repair materials and concrete substrate, *ACI Materials Journal*, 1996 Nov;93(6):553–58
 13. British Standard BS 6319–4, Method for measurement of bond strength (slant-shear method), British Standard Institute, 1984.
 14. Austin S, Robins P, Pan YG. Shear bond testing of concrete repairs, *Cement Concrete Research*, 1999 Jul;29(7):1067–76.
 15. Bissonnette B, Vaysburd AM, von Fay KF. Best Practices for Preparing Concrete Surfaces Prior to Repairs and Overlays, Washington, D.C.: Transportation Research Board of the National Academies: 2012. 92 p.
 16. Tayeh BA, Bakar BHA, Johari MAM. Characterization of the interfacial bond between old concrete substrate and ultra high performance fiber concrete repair composite, *Materials and Structures*, 2012 Oct;46(5):743–53.